

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 08111297 A

(43) Date of publication of application: 30.04.96

(51) Int Cl

H05H 1/46

C23C 16/50

C23F 4/00

H01L 21/3065

(21) Application number: 06248767

(22) Date of filing: 17.09.94

(30) Priority: 16.08.94 JP 06214287

(71) Applicant: TOKYO ELECTRON LTD

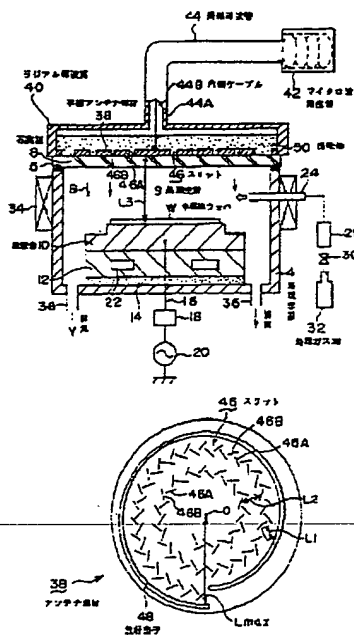
(72) Inventor: GOTO NAOHISA
ANDO MAKOTO
ISHII NOBUO

(54) PLASMA PROCESSING DEVICE

(57) Abstract

PURPOSE: To generate plasma only with microwaves without using magnetic field by forming a number of slits concentrically or spirally in a plane antenna member, and emitting microwaves into a processing space.

CONSTITUTION: Through a gate valve, a semiconductor wafer W is accommodated by a transport arm into a processing vessel 4, and the wafer W is placed on a table 10 through a lifter pin. After the vessel 4 is evacuated, an etching gas such as CF_4 is supplied from a nozzle 24. At the same time, microwaves are introduced to the space S from a wave generator 42 so that a plasma is produced, and an etching process is conducted. The microwaves produced in the generator 42 are transmitted through a coaxial-waveguide-tube 44 in the TM, TE, or TEM mode to reach a disc-shaped antenna member 38 of a radial waveguide box 40 and released to the space S via a crystal board 8 from slits 46A, 46B while transmitted to the peripheral part radially from the center of the antenna member 38 where an inner cable 44B is connected.



COPYRIGHT: (C)1996.JPO

(11) 特許出願公開番号

(43)公開日 平成8年(1996)4月30日

(71)出願人 000219967
東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72)発明者 後藤 尚久
神奈川県川崎市宮前区土橋6-15-1-
A514

(72)発明者 安藤 真
神奈川県川崎市幸区小倉1-1、1-31
2

(72)発明者 石井 信雄
東京都港区赤坂5丁目3番6号 東京エ
レクトロン株式会社内

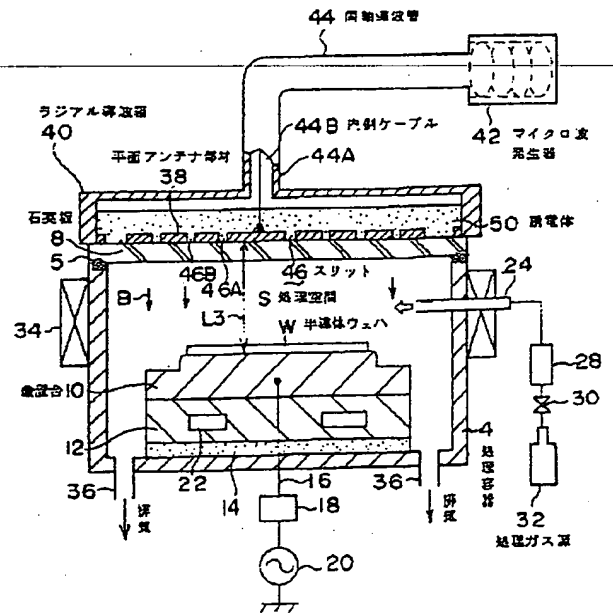
(74)代理人 弁理士 浅井 章弘 (外1名)

(54)【発明の名称】プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【目的】——磁界を用いることなくマイクロ波だけでプラズマを発生することができるプラズマ処理装置を提供する。

〔構成〕 被処理体Wを載置する載置台10を内部に設けた気密な処理容器4と、マイクロ波発生器42と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管、例えば円形、矩形導波管或いは同軸導波管44と、この導波管に接続されて前記載置台と対向して配置された平面アンテナ部材38とを備え、この平面アンテナ部材は同心円状或いは渦巻状に形成された多数のスリット46、46A、46Bを有する。これにより、導波管を伝搬されたマイクロ波は、アンテナ部材の中心より周辺部に広がりつつスリットからマイクロ波を処理容器内に放出し、磁界によるアシストを行うことなくプラズマを安定的に生成することができる。また、この時、処理空間に略均一な電界を形成することができる。



2 プラズマエッチング装置 (プラズマ処理装置)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理体を載置する載置台を内部に設けた気密な処理容器と、マイクロ波発生器と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管と、この導波管に接続されて前記載置台と対向して配置された平面アンテナ部材とを備え、この平面アンテナ部材は同心円状或いは渦巻状に形成された多数のスリットを有することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 前記スリットの長さは、前記マイクロ波の管内波長の略 $1/2$ と自由空間波長の略 $1/2$ の範囲内の長さになされ、前記アンテナ部材の半径方向における前記スリット間の距離は、管内波長と略同一の長さに設定されることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 前記アンテナ部材の上部に、前記マイクロ波の波長を短くするための誘電体を設け、前記導波管は同軸構造になされていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記アンテナ部材の周縁部にはマイクロ波を導入する放射素子が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記導電管は、円形導波管、矩形導波管及び同軸導波管の内、いずれか 1 つであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 6】 前記アンテナ部材の半径方向における前記スリット間の距離は、前記マイクロ波の管内波長と略同じに形成されると共に半径方向に隣り合う前記スリットの偏向特性は相互に逆になされており、略円偏向の電界を前記処理容器内に略同心円状に形成し得るように構成したことを特徴とする請求項 1 乃至 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 7】 前記アンテナ部材の半径方向における前記スリット間の距離は、前記マイクロ波の管内波長の略 $1/2$ の長さに形成されると共に半径方向に隣り合う前記スリットの偏向特性は相互に略 180° 位相が異なるように設定され、更に偏向特性は逆になされており、略円偏向の電界を前記処理容器内に略同心円状に形成し得るように構成したことを特徴とする請求項 1 乃至 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】 前記アンテナ部材の半径方向における前記スリット間の距離は、前記マイクロ波の管内波長の略 $1/2$ の長さに形成されると共に半径方向に隣り合う前記スリットの偏向特性は相互に略 90° 位相が変わるように設定されており、略直線偏向の電界を前記処理容器内に略同心円状に形成し得るように構成したことを特徴とする請求項 1 乃至 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 9】 前記アンテナ部材の半径方向における前記スリット間の距離は、前記マイクロ波の管内波長の略 $1/4$ の長さに設定されると共に半径方向に隣り合う前

記スリットの偏向方向は 2 個を単位として相互に略 90° 位相が変わるように設定されており、略直線偏向の電界を前記処理容器内に略同心円状に形成し得るように構成したことを特徴とする請求項 1 乃至 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 10】 前記隣接するスリット間に、半径方向と直交する方向へ所定の長さの周方向スリットを形成するように構成したことを特徴とする請求項 8 記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、マイクロ波を用いたプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、半導体製品の高密度化及び高微細化に伴い半導体製品の製造工程において、成膜、エッチング、アッシング等の処理のためにプラズマ処理装置が使用される場合があり、特に、 $0.1 \sim 10 \text{ m Torr}$ 程度の比較的圧力が低い高真空状態でも安定してプラズマを立てることができることからマイクロ波とリング状のコイルからの磁場とを組み合わせ高密度プラズマを発生させるマイクロ波プラズマ装置が使用される傾向にある。

【0003】 従来、この種のマイクロ波プラズマ装置としては磁場形成手段を有するプラズマ発生室にマイクロ波導入口を設けて電子サイクロトロン共鳴空洞を形成し、プラズマ発生室からイオンを引き出して反応室内の半導体ウエハにイオンビームを照射する装置（特公昭 58-13626 号公報）、或いはマイクロ波の導入によってプラズマを発生する放電管をマイクロ波導入方向から試料方向に向かって主放電部より先の部分で広がった構造として、面積の広いプラズマ処理を可能とした装置（特開昭 59-202635 号公報）等が知られている。

【0004】 しかしながら、特公昭 58-13626 号公報に示すような装置にあってはプラズマ発生室と反応室とを有することから装置全体が大型になってコスト高となるのみならず、プラズマからイオンを電界で効率良くウエハに照射するには 1000 V 前後の高電圧が必要となってしまう。

【0005】 また、特開昭 59-202635 号公報に示すような装置にあってはリング状のコイルに電流を流して発生させた磁力線がウエハ表面に対して垂直でなく傾斜するため、そのため例えばエッチング処理状態も磁力線の方に傾斜してしまい、垂直なエッチングを行うことができない。

【0006】 そこで、本発明者は特開平 4-36152 9 号公報において先の問題点を一気に解決するための装置を提案した。これによれば、反応室内のマイクロ波導入面とウエハ載置面との間を特定の距離だけ離すように

してここに電子サイクロトロン共鳴を励起する空洞共振器構造を形成しており、比較的小型で且つ高密度なプラズマを立てることができた。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したような装置にあってはプラズマ発生のために磁界を必要とすることから永久磁石や電磁コイル等の磁界発生手段を設けなければならず、依然として装置自体が比較的大きいのみならず、コストも高くなっているという問題がある。

【 0 0 0 8 】また、上記した装置にあっては、6インチウエハ程度の比較的サイズが大きいウエハの場合には処理領域全体に亘ってある程度、均一なプラズマを発生させることができる。しかしながら、今日のようにウエハサイズが8インチ、12インチ等のように大口径化すると、ウエハ中央部近傍や周辺部の電界が強くなってその処理領域全体に亘って電界分布を均一化させるのが困難になって電界分布が不均一になり、プラズマ処理においても面内均一性が望めなくなってしまう。

【 0 0 0 9 】本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、磁界を用いることなくマイクロ波だけでプラズマを発生することができるプラズマ処理装置を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記問題点を解決するために、被処理体を載置する載置台を内部に設けた気密な処理容器と、マイクロ波発生器と、このマイクロ波発生器にて発生したマイクロ波を前記処理容器へ導くための導波管と、この導波管に接続されて前記載置台と対向して配置された平面アンテナ部材とを備え、この平面アンテナ部材は同心円状或いは渦巻状に形成された多数のスリットを有するように構成したものである。

【 0 0 1 1 】

【作用】本発明は以上のように構成したので、マイクロ波発生器から発生したマイクロ波は導波管を介して平面アンテナ部材へ供給され、これに設けた螺旋状或いは同心円状のスリットから処理容器内へ円偏波或いは直線偏波の電界が形成される。この場合、スリットの配列形状は螺旋状或いは同心円状に形成されていることから磁場がなくても気体分子を励起してプラズマ化させることができ、しかも広い範囲の処理領域に亘って均一なプラズマを安定して形成することができる。この場合、アンテナ部材の外周縁にマイクロ波電力反射防止用の放射素子を形成することによりアンテナ部材の中心より周辺部に広がったマイクロ波電力の反射をなくすことができ、アンテナ効率を高めることができる。

【 0 0 1 2 】また、アンテナ部材の半径方向におけるスリット間の距離を、例えばマイクロ波の管内波長の略1/2或いは1/4に種々変更すると共に半径方向に隣り

合うスリットの偏向方向の位相を種々変化させることにより、合成された偏波方向が同心円の接線方向になる様に設定し、円偏波或いは直線偏波の電磁界を処理容器内に略同心円状に形成することが可能となり、プラズマ生成効率を向上させることができる。

【 0 0 1 3 】

【実施例】以下に、本発明に係るプラズマ処理装置の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。図1は本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す断面図、図2は図1に示す処理装置に用いるアンテナ部材を示す平面図である。

【 0 0 1 4 】本実施例においてはプラズマ処理装置をプラズマエッチング装置に適用した場合について説明する。図示するようにプラズマ処理装置としてのこのプラズマエッチング装置2は、例えば側壁や底部がアルミニウム等の導体により構成されて、全体が筒体状に形成された処理容器4を有しており、この処理容器4の天井部は開放されてこの部分にはOリング等のシール部材6を介して真空圧に耐え得る厚みを有する絶縁物、例えば石英板8が気密に設けられ、容器内部に密閉された処理空間Sを形成している。

【 0 0 1 5 】この処理容器4内には、上面に被処理体としての例えば半導体ウエハWを載置する載置台10が収容される。この載置台10は、例えばアルマイト処理したアルミニウム等により中央部が凸状に平坦になされた略円柱状に形成されており、この下部は同じくアルミニウム等により円柱状になされた支持台12により支持されると共にこの支持台12は処理容器4内の底部に絶縁材14を介して設置されている。

【 0 0 1 6 】上記載置台10の上面には、ここにウエハを保持するための静電チャックやクランプ機構(図示せず)が設けられ、この載置台10は給電線16を介してマッチングボックス18及び例えば13.56MHzのバイアス用高周波電源20に接続されている。載置台10を支持する支持台12には、プラズマ処理時のウエハを冷却するための冷却水等を流す冷却ジャケット22が設けられる。

【 0 0 1 7 】上記処理容器4の側壁には、容器内に処理ガス、例えばエッチングガスを導入するための例えば石英パイプ製のガス供給ノズル24が設けられ、このノズル24はガス供給路26によりマスフローコントローラ28及び開閉弁30を介して処理ガス源32に接続されている。処理ガスとしてのエッチングガスは、CF₄、CHF₃、CF₃ガス等を用いることができる。

【 0 0 1 8 】また、容器側壁の外周には、その周方向に沿って電磁コイルや永久磁石等の磁界発生手段34が設けられており、処理空間S内に上下方向に沿った磁界B或いは略円周方向に沿った磁界を発生させて生成しているプラズマを閉じ込めるようになっている。尚、この磁界発生手段34は、後述するようにプラズマ発生のため

には必ずしも必要ではなく、これを設けなくて省略してもよい。

【0019】容器底部には、図示されない真空ポンプに接続された排気口36が設けられており、必要に応じて処理容器4内を所定の圧力まで真空引きできるようになっている。一方、処理容器4の上部を密閉する石英板8の上部には、本発明の特長とする平面アンテナ部材38が設けられる。具体的にはこの平面アンテナ部材38は、高さの低い中空円筒状容器よりなるラジアル導波箱40の底板として構成され、石英板8の上面に取り付けられている。

【0020】円盤状のラジアル導波箱40の上面の中心には、他端が例えば2.45GHzのマイクロ波発生器42に接続された導波管44の外管44Aが接続され、内部の内側ケーブル44Bは円板状アンテナ部材38の中心部に接続されるか、或いは僅かにこれより離間されている。この導波管としては、断面円形或いは矩形の導波管や同軸導波管を用いることができ、本実施例では同軸導波管が用いられる。

【0021】上記円板状アンテナ部材38は、例えば直径50cm、厚み1mm以下の銅板よりなり、この銅板には図2にも示すように中心部より少し外側へ例えば数cm程度離れた位置から開始されて、多数のスリット46が渦巻状に次第に周縁部に向けて形成されている。図示例にあっては、スリットは2回渦巻かれている。

【0022】本実施例では、略T字状に僅かに離間させて配置した一対のスリット46A、46Bを組とするスリット対を隣接しつつ上述のように渦巻状に配列することにより全体のスリット群が形成されている。各スリット46A、46Bの長さL1は、マイクロ波の管内波長 λ の略1/2から自由空間波長の略1/2の範囲内に設定されると共に幅は1mm程度に設定され、スリット渦巻の外輪と内輪との間隔L2は僅かな調整はあるが管内波長 λ と略同一の長さ設定されている。すなわちスリット46の長さL1は、次の式で示される範囲内に設定される。

$\lambda/2\sqrt{\epsilon_r} \leq L1 \leq \lambda/2$ ここで ϵ_r は比誘電率である。

このように各スリット46A、46Bを形成することにより、この下方に位置する処理空間Sに対して均一な電界分布を形成することが可能となる。

【0023】また、この渦巻状のスリットの外側であって円板状のアンテナ部材38の周縁部には、これに沿って幅数mm程のマイクロ波電力反射防止用の放射素子48が、その端部を相互に半径方向に異ならせて1ターン形成されており、アンテナ効率を上げるようになっている。

【0024】上記ラジアル導波箱40内には、マイクロ波の波長を短くして波長の短い管内波長とするために所定の誘電率の誘電体50が収容されている。この誘電体

50としてはAl₂O₃、SiN等の誘電損失の少ないものを用いることができる。

【0025】また、アンテナ部材38の下面と載置台10の上端載置面との間の距離L3は、マイクロ波の管内波長 λ を入とすると、 $\lambda/2 \times n$ (整数)となるように設定しており、処理空間SをTEモード或いはTMモードの空洞共振器構造としている。すなわちプラズマが処理空間に存在しない場合にはここに定在波が立つ構造とする。従って、ウエハWは、マイクロ波の反射面上に位置しているので、ウエハがマイクロ波によって加熱されるという悪影響を防止することができる。

【0026】次に、以上のように構成された本実施例の動作について説明する。まず、図示しないゲートバルブを介して半導体ウエハWを搬送アームにより処理容器4内に収容し、リフトピン(図示せず)を上下動させることによりウエハWを載置台10の上面の載置面に載置する。

【0027】そして、処理容器4内を所定のプロセス圧力、例えば0.1~10mTorrの範囲内に維持して、ガス供給ノズル24から例えばCF₄等のエッチングガスを流量制御しつつ供給し、同時にマイクロ波発生器42からのマイクロ波を処理空間Sに導入してプラズマを発生させ、エッチング処理を行う。

【0028】ここで、マグネトロン発生器42にて発生した例えば2.45GHzのマイクロ波はTM或いはTE或いはTEMモードで同軸導波管44内を伝搬してラジアル導波箱40のアンテナ部材38に到達し、内側ケーブル44Bの接続された円板状のアンテナ部材38の中心部から放射状に周辺部に伝搬される間に、このアンテナ部材38に渦巻状に多数形成されたスリット46A、46Bからマイクロ波が石英板8を介して処理空間Sに向けて放出される。この場合、長さがマイクロ波の管内波長の略1/2に設定された多数のスリットを上述のように渦巻状に配列したので円偏波がアンテナ部材の平面に亘って均一に放出され、この下方の処理空間Sの電界密度をウエハW上方において均一化させることができる。

【0029】従って、このマイクロ波のエネルギーによって励起されるプラズマは、広い処理空間Sの全域に亘って密度が均一状態となり且つ高密度なプラズマを安定して発生することができる。その結果、プラズマ処理、本実施例にあってはプラズマエッチング処理を大口径のウエハ面内に亘って均一に施すことができる。

【0030】またこの場合、載置台10にバイアス高周波電力を印加しておくことにより、載置台10に負の電位を発生させることができ、プラズマからのイオンの引出しを効率的に行うことができる。

【0031】更には、アンテナ部材38の中心から周辺部に向けてマイクロ波電力が放射状に伝搬した時、残留電力が存在するとこれがアンテナ外周端で反射してアン

テナ効率が低下する原因となる。しかしながら、本実施例においてはアンテナ部材38の周縁部に略1ターンの放射素子48を設けてあるので、残留電力がここで放出されてしまつてアンテナの中心方向に反射することがなく、アンテナ効率を高めることができる。

【0032】図3は、上記した放射素子を設けた場合と設けない場合のアンテナ効率を示すグラフである。ここで横軸の開口直径Dは次のように与えられる。

$$D = 2(L_{11} + \lambda \cdot 1/2)$$

L_{11} : アンテナ中心Oと放射素子との間の最大値、 λ はマイクロ波の管内波長である。グラフ中 α_{11} はスロットパターンにおいて電波の放出割合の最大値を示し、単位は1/mである。

【0033】このグラフから明らかなように、 α_{11} や開口直径Dを種々変化させた場合において、放射素子48を設けることによって常にアンテナ効率が良好になることが判明する。

【0034】尚、処理容器4の側壁に設けた磁界発生手段34は、プラズマ閉じ込め用の磁界を発生させるためのものであり、これを配置しなくても、アンテナ部材38からのマイクロ波によりプラズマを生成することができる。

【0035】このように、本実施例ではマイクロ波の伝播のために同軸導波管44を用い、且つアンテナ部材38には渦巻状に多数のスリットを設けるようにして処理容器内の中心から周辺部までマイクロ波電力を供給するようにしたので、処理空間の略全域に亘ってマイクロ波による電界密度を均一化させることができる。

【0036】従つて、処理空間に磁界を用いることなくプラズマを発生することができるのみならず、広範囲な領域に亘って濃度が均一な高密度なプラズマを安定して生成することができ、大口径ウエハにおいてもプラズマ処理の面内均一化を図ることができる。

【0037】尚、上記実施例にあつては、スリットの渦巻は反時計方向に回るに従つて、その直径が拡大するように形成したが、この渦巻の回転方向を逆方向に設定するようにしてもよい。

【0038】また、アンテナ部材38に形成した略T字状の1対のスリット46A、46Bよりなるスリット対を渦巻状に配列したが、この配列に限定されず、このスリット対を円板状アンテナ部材38の中心を中心とした2つ或いはそれ以上の同心円状に配列するようにしてもよい。この場合にも隣接する同心円間の距離は、僅かな調整はあるものの渦巻状の配列と同様にマイクロ波の管内波長の長さに略等しく設定しておく。

【0039】このように、スリット対を同心円状に配列することによりアンテナ部材38からは処理空間Sに向けて円偏波が放出され、処理空間Sに一層均一化された電界を発生させることができ、プラズマ処理のウエハ面内の均一化を一層向上させることができる。

【0040】また、アンテナ部材38に形成した1対のスリット対46A、46Bは僅かに離すことなく図4に示すようにこれらをT字状に完全に接合するようにしてもよい。この場合にもスリット対の配列は図4に示すように同心円状に配列してもよいし、図2に示すように渦巻状に配列してもよい。

【0041】更には、スリットとしてはT字状に配列されたスリット対を用いるのではなく、図5に示すように図2に示す場合と同様にマイクロ波の波長の略1/2の長さ L_1 を有するスリット46を銅板の周方向に沿って多数形成し、アンテナ部材38の中心Oを中心として2ターン或いはそれ以上の同心円状に或いは渦巻状に配列するようにしてもよい。また、そのスリット48列の外周縁には略1ターンの放射素子48を設けて図2に示すアンテナ部材と同様にアンテナ効率を高める。

【0042】また、発生したプラズマを閉じ込めるために処理容器4の外側に補助的に設ける磁界発生手段34(図1参照)は、処理空間内に対して上方或いは下方に向かう磁界を形成するように配置するのではなく、図6に示すように処理容器4に沿って複数の永久磁石或いは電磁コイル等の磁界発生手段52を配列し、処理容器に接する側の極性が交互に異なるような配置とする。

【0043】これにより矢印に示すように隣接する磁界発生手段52相互間に磁界は水平方向に発生し、処理空間に対して円弧状に水平方向に向かう磁界を発生することができる。この場合にも、発生する磁界によってプラズマの閉じ込めを行つて、プラズマの生成効率を高めることができる。

【0044】上記各実施例にあつては、処理容器4の側部に磁界発生手段34を設けて処理空間Sに、電界と直交するようにウエハ表面と平行になる磁界を形成した場合を例にとつて説明したが、外部より磁界を付与しない装置すなわち磁界発生手段を備えていない装置にあつては、図7に示すようにマイクロ波アンテナ部材より放射された電界成分H1が、処理容器4で略同心円状に形成されることが必要である。このように電界成分H1を同心円状に形成することにより、処理容器4内に存在する自由電子はこの同心円状の電界成分H1で処理空間S内に閉じ込められながら加速されるので、効率良くプラズマを生成することが可能となる。

【0045】上述のような略同心円状の電界を処理容器4内に得るためには、マイクロ波を放射するアンテナ部材のスリットを略同心円状に形成し、その間隔等を以下のように種々工夫すればよい。

【0046】まず、各放射スリットから略円偏向の電磁波を放射させる場合には、アンテナ部材のスリットを図8(A)及び図8(B)のように形成する。すなわち図8(A)においては、平面アンテナ部材38の半径方向におけるスリット46間の距離 L_3 を、マイクロ波の管内波長 λ_g と略同じ値に形成する。スリット46は、相

10

20

30

40

50

互に向きの異なるスリット 46 A と 46 B を交互に配置して略同心円状のスリット列を形成するのであるが、半径方向に隣り合うスリット 46 の配置は、図示例のように相互に偏向方向が逆になるように設定され、合成された偏波方向が同心円の接線方向になる様にされている。このようにスリット 46 の配置を逆にすることにより、略円偏向の電界を処理容器内に略同心円状に形成することが可能となる。

【0047】また、図 8 (B) においては、アンテナ部材 38 の半径方向に隣り合うスリット間の距離 L_3 を、マイクロ波の管内波長 λ_g の略 $1/2$ の長さに形成している。そして、半径方向に隣り合うスリット 46 の配置は、相互に略 180° 位相が異なるように設定され、更に偏向特性は相互に逆になされている。これにより、合成された偏波方向が同心円の接線方向になる様にされ、相互に偏向特性が逆になった略円偏向の電界を処理容器内に略同心円状に形成することが可能となる。

【0048】また、各放射スリットから略直線偏向の電磁波を放射させる場合には、アンテナ部材のスリットを図 8 (C) 及び図 9 (A) のように形成する。すなわち、図 8 (C) においてはアンテナ部材 38 の半径方向に隣り合うスリット間の距離 L_3 を、マイクロ波の管内波長 λ_g の略 $1/2$ の長さに設定している。そして、半径方向に隣り合うスリット 46 の配置は、偏向方向が相互に略 90° 位相が変わるように配置され、合成された偏波方向が同心円の接線方向になる様にされている。これにより略直線偏向の電磁波を処理容器内に略同心円状に形成することが可能となる。

【0049】また、図 9 (A) においては、アンテナ部材 38 の半径方向に隣り合うスリット間の距離 L_3 を、マイクロ波の管内波長 λ_g の略 $1/4$ の長さに形成している。そして、半径方向に隣り合うスリット 46 の配置は、2 個を 1 つの単位として偏向方向が各单位相互に略 90° 位相が変わるように配置され、合成された偏波方向が同心円の接線方向になる様にされている。これにより、略直線偏向の電磁波を処理容器内に略同心円状に形成することが可能となる。

【0050】また、図 9 (B) においては、図 8 (C) に示すアンテナ部材を基本としており、半径方向に隣り合う各スリット 46、46 間に、半径方向と直交する方向に、すなわち周方向に所定の長さの周方向スリット 46 C を多数形成している。従って、周方向スリット 46 C とスリット 46 間の距離は略 $1/4 \lambda_g$ となる。この周方向スリット 46 C の長さは、マイクロ波の管内波長 λ_g の略 $1/2$ から自由空間波長の略 $1/2$ の範囲内に設定される。この場合にも、図 8 (C) の場合と同様な作用効果を発揮することができる。

【0051】このように図 8 及び図 9 に示すようにスリット 46 の配列を工夫して円偏向或いは直線偏向の電磁波を処理容器内に同心円状に形成することにより、この

空間内に自由電子を閉じ込めながら加速でき、従って、自由電子の寿命を長くしてそのプラズマの生成効率を高めることができる。

【0052】以上の各実施例にあつては、半導体ウエハのプラズマエッチング処理を例にとって説明したが、これに限定されずプラズマを使用する装置ならばどのようなものにも適用でき、例えばプラズマアッシング装置、プラズマ CVD 装置等にも適用でき、更には、被処理体としては半導体ウエハには限定されず、他の被処理体、例えばサイズの大型化が期待される LCD 基板等の処理にも適用し得る。

【0053】

【発明の効果】以上説明したように本発明のプラズマ処理装置によれば次のように優れた作用効果を発揮することができる。平面アンテナ部材に同心円状或いは渦巻状に多数のスリットを形成して処理空間にマイクロ波を放出するようにしたので、磁界のアシストなしでプラズマを生成することができるのみならず、比較的大きな領域に対して均一な電界を形成することができる。従って、比較的高密度のプラズマを広範囲に亘って安定的に立てることができる。大口径の被処理体に対して均一なプラズマ処理を施すことができる。また、プラズマを生成するために従来必要とされた高価な磁界発生手段を不要にできるので、大幅なコスト削減を図ることができる。更には、アンテナ部材の周縁部に放射素子を設けた場合には、マイクロ波電力の反射による電力損失をなくすことができ、アンテナ効率を向上させることができる。また更には、磁界発生手段を用いない場合において、処理容器内に同心円状の電界を形成することにより、この中に自由電子を閉じ込めつつ加速することができるのでプラズマ生成効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るプラズマ処理装置の一例を示す断面図である。

【図 2】図 1 に示す処理装置に用いるアンテナ部材を示す平面図である。

【図 3】放射素子を設けた場合と設けない場合のアンテナ効率を示すグラフである。

【図 4】アンテナ部材に設けたスリットの変形例を示す図である。

【図 5】アンテナ部材の変形例を示す平面図である。

【図 6】図 1 に示す磁界発生手段と異なる形状の磁界発生手段を示す平面図である。

【図 7】処理容器内に形成される電界の状態を示す図である。

【図 8】本発明装置のアンテナ部材に形成したスリットの形態を示す図である。

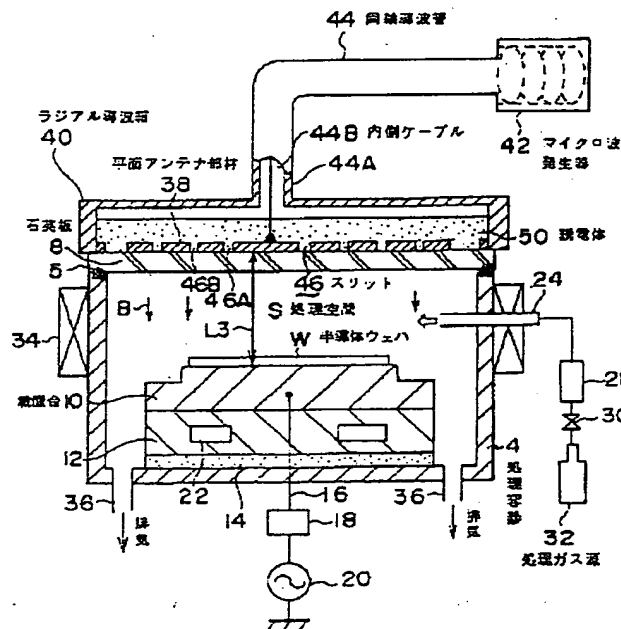
【図 9】本発明装置のアンテナ部材に形成したスリットの形態を示す図である。

【符号の説明】

- 11
- 2 プラズマエッチング装置 (プラズマ処理装置)
- 4 処理容器
- 8 石英板
- 10 載置台
- 12 支持台
- 38 平面アンテナ部材
- 40 ラジアル導波箱
- 42 マイクロ波発生器

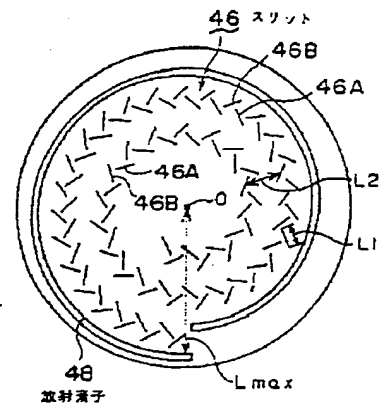
- 44 同軸導波管 (導波管)
- 44A 外管
- 44B 内側ケーブル
- 46、46A、46B スリット
- 48 放射素子
- 50 誘電体
- S 処理空間
- W 半導体ウエハ (被処理体)

【図 1】

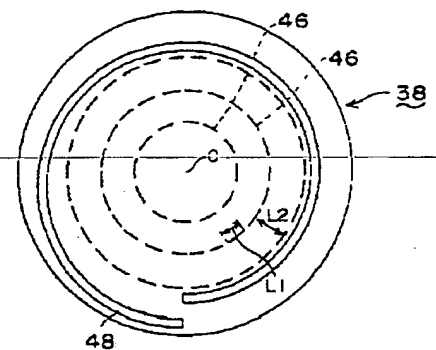


2 プラズマエッチング装置 (プラズマ処理装置)

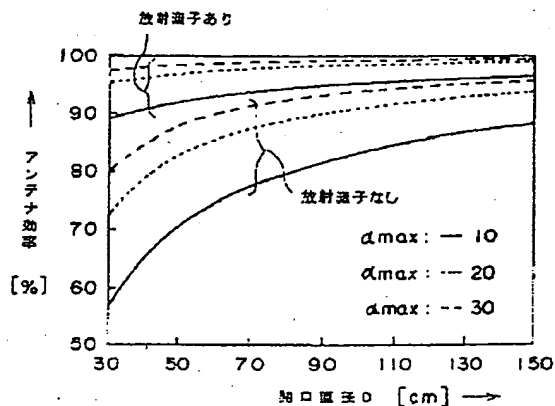
【図 2】



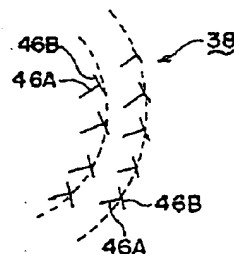
【図 5】



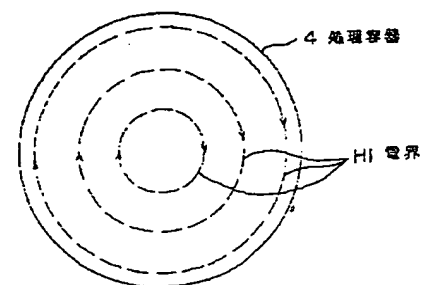
【図 3】



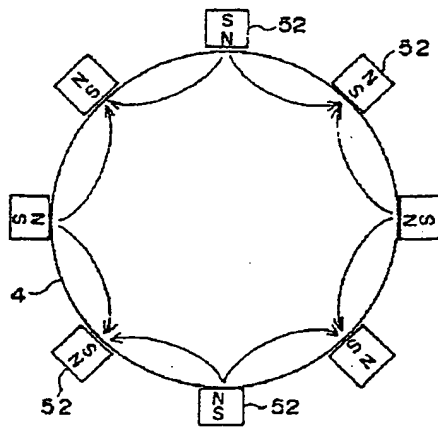
【図 4】



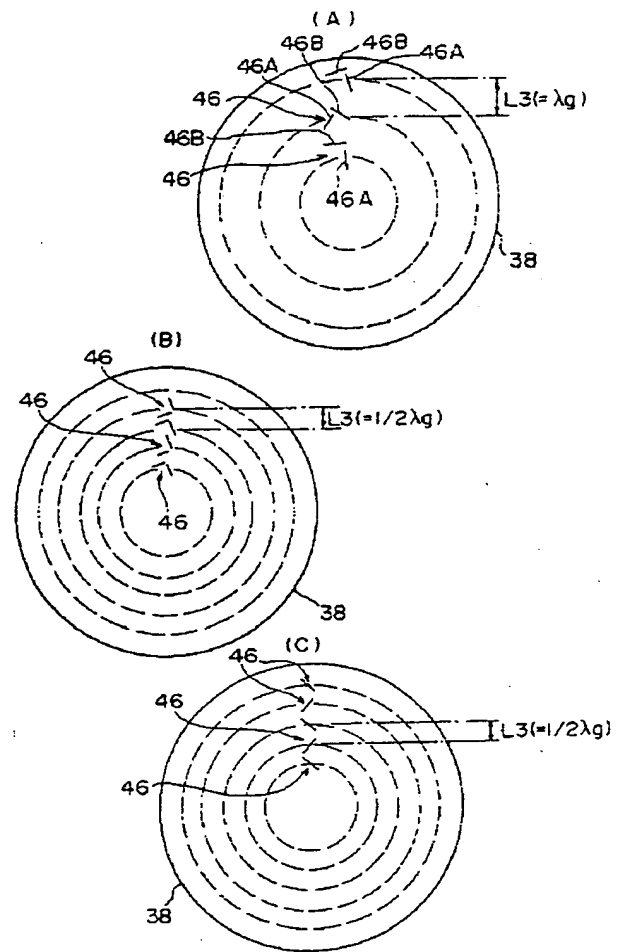
【図 7】



【図 6】



【図 8】



【図 9】

